

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-331818

(43)Date of publication of application : 13.12.1996

(51)Int.Cl.

H02K 19/36

(21)Application number : 07-136552

(71)Applicant : NIPPONDENSO CO LTD

(22)Date of filing : 02.06.1995

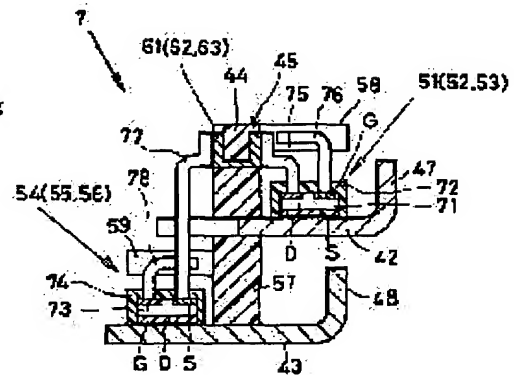
(72)Inventor : TANIGUCHI MAKOTO  
UMEDA ATSUSHI  
KUSASE ARATA

### (54) AC GENERATOR

#### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide such an AC generator for vehicle which can secure a sufficient strength of its rectifier even when the rectifier is subjected to strong vibrations, reduce the sizes of its positive- and negative-side heat radiating fins, dispense with its three-phase full-wave rectifier any large-scale cooling device, and improve the environmental resistance of the main bodies of its positive- and negative-side SiC MOSFETs by preventing the exposure of the main bodies against the air.

**CONSTITUTION:** Positive and negative-side SiC-MOSFETs 51 and 54 are respectively constituted of MOSFET main bodies 71 and 73 formed by using silicon carbide as the material of their Nand P-type semiconductors and silicon oxide films as surface insulators and electrically insulating epoxy sealing members 72 and 74 which respectively cover and seal the main bodies 71 and 72 and drain, source, and gate electrodes on the surfaces of positive- and negative-side heat radiating fins 42 and 43.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.04.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(11)特許出願公開番号

特開平8-331818

(43)公開日 平成8年(1996)12月13日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

庁内整理番号

FI

### 技術表示箇所

H O 2 K 19/36

H O 2 K 19/36

**A**

審査請求 未請求 請求項の数12 OL (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平7-136552

(22)出願日 平成7年(1995)6月2日

(71)出願人 000004260

日本電装株式会社

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)発明者 谷口 真

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電  
装株式会社内

(72)発明者 梅田 教司

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電  
装株式会社内

(72)発明者 草瀬 新

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電  
装株式会社内

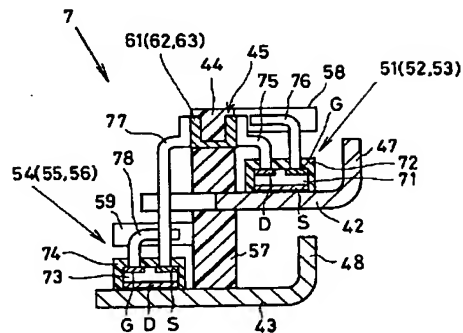
(74) 代理人 弁理士 石黒 健二

(54) 【発明の名称】 交流発電機

(57) 【要約】

【目的】 大振動下でも整流装置の強度を十分に確保することが可能で、正極側、負極側放熱フィン42、43の小型化が図れ、大がかりな三相全波整流装置7の冷却装置を不要とし、正極側、負極側SiC-MOSFET51、54のMOSFET本体71、72を大気に晒されないようにして耐環境性を向上することが可能な車両用交流発電機を提供する。

【構成】 正極側、負極側SiC-MOSFET51、54を、N型半導体やP型半導体の素材として炭化珪素を用い、表面の絶縁物としてシリコン酸化膜を用いたMOSFET本体71、72と、このMOSFET本体71、72およびドレイン電極、ソース電極およびゲート電極を覆ってこれらを各々の正極側、負極側放熱フィン42、43の表面上に封止する電気絶縁性のエポキシ系の樹脂製の封止部材72、74とで構成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】駆動源により回転駆動される界磁と、この界磁の回転に伴い、交流電圧を発生する電機子巻線を有する電機子と、この電機子巻線で発生した交流出力を整流して直流出力に変換する整流素子、この整流素子の熱を放散する放熱フィン、前記整流素子に電氣的に接続される外部入出力端子を保持する端子台を有する整流装置とを備え、バッテリーを充電する交流発電機であって、

前記整流素子は、半導体の素材として炭化珪素を用いた MOSFET 本体と、この MOSFET 本体および前記外部入出力端子の周囲を覆い、前記 MOSFET 本体を前記放熱フィンまたは前記外部入出力端子に封止する電気絶縁性の封止部材とを具備したことを特徴とする交流発電機。

【請求項 2】請求項 1 に記載の交流発電機において、前記整流装置は、前記交流発電機の外殻内に収容され、前記交流発電機の外殻の内周形状に沿うように略弓形状に形成されていることを特徴とする交流発電機。

【請求項 3】請求項 2 に記載の交流発電機において、前記放熱フィンは、前記バッテリーの正極側に電氣的に接続される正極側放熱フィン、およびこの正極側放熱フィンと異なる平面上で 2 段に設けられ、前記バッテリーの負極側に電氣的に接続される負極側放熱フィンよりなることを特徴とする交流発電機。

【請求項 4】請求項 2 に記載の交流発電機において、前記整流装置は、前記正極側放熱フィンまたは前記負極側放熱フィンのどちらか一方の放熱フィン上に保持され、前記炭化珪素を用いた MOSFET と、前記正極側放熱フィンまたは前記負極側放熱フィンのどちらか他方の放熱フィン上に保持され、半導体の素材として珪素や炭化珪素を用いた PN 接合ダイオードとからなることを特徴とする交流発電機。

【請求項 5】請求項 2 に記載の交流発電機において、前記整流装置は、前記交流発電機の高相の電機子巻線で発生した交流出力の正負の両波を整流して直流出力に変換する全波整流を行う多相全波整流装置であって、前記炭化珪素を用いた MOSFET は、前記正極側放熱フィン上に前記封止部材により封止される複数の正極側 MOSFET 本体、および前記負極側放熱フィン上に前記封止部材により封止される複数の負極側 MOSFET 本体を有し、前記複数の正極側 MOSFET 本体の表面には、前記電機子巻線で発生した交流出力を入力する交流入力端子に電氣的に接続されるドレイン電極、前記正極側放熱フィンに電氣的に接続されるソース電極、および制御装置に電氣的に接続されるゲート電極が形成され、前記複数の負極側 MOSFET 本体の表面には、前記負極側放熱フィンに電氣的に接続されるドレイン電極、前記交流入力端子に電氣的に接続されるソース電極、お

よび前記制御装置に電氣的に接続されるゲート電極が形成されたことを特徴とする交流発電機。

【請求項 6】請求項 5 に記載の交流発電機において、前記正極側 MOSFET 本体または前記 MOSFET 本体は、裏面に前記ソース電極が形成される N<sup>+</sup> 型基板と、この N<sup>+</sup> 型基板の表面に形成された N 型耐圧層と、この N 型耐圧層の表面に形成された P 型ウエル領域と、この P 型ウエル領域の表面に形成され、表面に前記ドレイン電極が形成される N<sup>+</sup> 型ドレイン領域と、前記 P 型ウエル領域の表面に絶縁膜を介して配設され、前記ドレイン領域および前記 N 型耐圧層を導通させる N 型チャンネルを形成する前記ゲート電極とを備えたことを特徴とする交流発電機。

【請求項 7】請求項 6 に記載の交流発電機において、前記 N<sup>+</sup> 型ドレイン領域と前記 P 型ウエル領域は、短絡されていることを特徴とする交流発電機。

【請求項 8】請求項 7 に記載の交流発電機において、前記 N<sup>+</sup> 型基板は、各々の前記 MOSFET 本体の共通の N<sup>+</sup> 型ソース領域を構成し、前記 N<sup>+</sup> 型基板上には、前記多相の電機子巻線の各相の前記 P 型ウエル領域が個別に形成され、前記各 P 型ウエル領域の表面には、それぞれ前記 N<sup>+</sup> 型ドレイン領域が個別に形成され、前記各 P 型ウエル領域の表面には、前記絶縁膜を介して前記各 N<sup>+</sup> 型ドレイン領域および前記 N 型耐圧層を個別に導通させる N 型チャンネルを形成する各ゲート電極が個別に配設されたことを特徴とする交流発電機。

【請求項 9】請求項 5 に記載の交流発電機において、前記正極側 MOSFET 本体は、前記ドレイン電極、前記ソース電極および前記ゲート電極と共に前記封止部材により一体的に覆われて前記正極側放熱フィン上に支持固定され、前記負極側 MOSFET 本体は、前記ドレイン電極、前記ソース電極および前記ゲート電極と共に前記封止部材により一体的に覆われて前記負極側放熱フィン上に支持固定されたことを特徴とする交流発電機。

【請求項 10】請求項 1 に記載の交流発電機において、前記 MOSFET 本体は、この MOSFET 本体をスイッチング制御する制御装置と同一基板上に搭載されることを特徴とする交流発電機。

【請求項 11】請求項 5 ないし請求項 8 のいずれかに記載の交流発電機において、前記 MOSFET 本体の前記ソース電極と前記ドレイン電極との間、および前記ドレイン電極と前記ゲート電極との間の耐圧は、50V 以上に設定されていることを特徴とする交流発電機。

【請求項 12】請求項 5 ないし請求項 8 のいずれかに記載の交流発電機において、前記 MOSFET 本体の前記ソース電極と前記ドレイン電極との間、および前記ドレイン電極と前記ゲート電極

との間の耐圧は、100V以上に設定されていることを特徴とする交流発電機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、電機子巻線に発生した交流出力を整流して直流出力に変換する整流装置を備えた交流発電機に関するもので、特に車両に搭載された内燃機関に取り付けられる車両用オルタネータの整流装置に係わる。

【0002】

【従来の技術】従来より、車両用交流発電機には、図13に示したように、3個または4個の正極側PN接合シリコンダイオード201の集電機能と放熱機能を合わせ持つ正極側放熱フィン202と、3個または4個の負極側PN接合シリコンダイオード203の集電機能と放熱機能を合わせ持つ負極側放熱フィン204と、これらの正極側、負極側放熱フィン202、204を電気的に絶縁すると共に車両用交流発電機のハウジングに固定支持する機能の端子台205等から構成される三相全波整流装置200が内蔵されている。

【0003】なお、整流装置200の端子台205は、車両用交流発電機の各相の電機子巻線からの交流出力を、リード線206、207を介して正極側PN接合シリコンダイオード201に入力させるための交流入力端子208や他の配線等を被覆しているため、電気絶縁性の樹脂材料により一体成形されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、従来の車両用交流発電機においては、エンジン本体に直接取り付けられることが多く、大きな振動が常に加わっている。特に、三相全波整流装置200は、正極側放熱フィン202、負極側放熱フィン204および端子台205が一体構造物ではないため、それぞれの部材の振動モードが異なり複雑な振動を起こす。その結果、整流素子のリード部に応力が集中し、整流素子に大きなダメージを及ぼすという問題点が生じていた。

【0005】このような問題点を解消する目的で、整流素子およびこの整流素子のリード部を樹脂モールドしてそれぞれの正極側、負極側放熱フィンに固定支持した技術があるが、整流素子がダイオードである場合に整流素子自体の発熱が大きく、しかも熱の放散がないため、整流素子の冷却は伝熱のみに頼らざるをえなく、交流発電機の小型化を妨げる要因の1つになっている。

【0006】また、整流素子として、半導体の素材に低損失である珪素（シリコン）を用い、表面の絶縁物として酸化珪素を用いたMOSFET（MOS型電界効果トランジスタ）の利用も考えられるが、MOSFET自体の発熱は小さいがその使用環境は極めて温度が高いため半導体自体の発熱を含めると、その耐熱温度が遙に超えてしまい、整流装置の冷却装置を大がかりな物にしなけ

ればならず、やはり車両用交流発電機の小型化を妨げることになる。

【0007】この発明の目的は、大振動下でも整流素子の強度を十分に確保することが可能な交流発電機を提供することにある。また、放熱フィンの小型化が図れ、大がかりな整流装置の冷却装置を不要とする交流発電機を提供することにある。さらに、整流素子自体を大気に晒されないようにして耐環境性を向上することが可能な交流発電機を提供することにある。

10 【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、例えば内燃機関、電動機、水車または風車等の駆動源により回転駆動される界磁と、この界磁の回転に伴い、交流電圧を発生する電機子巻線を有する電機子と、この電機子巻線で発生した交流出力を整流して直流出力に変換する整流素子、この整流素子の熱を放散する放熱フィン、前記整流素子に電気的に接続される外部入出力端子を保持する端子台を有する整流装置とを備え、バッテリーの充電および電気負荷への電力の供給を行う交流発電機であって、前記整流素子は、半導体の素材として炭化珪素を用いたMOSFET本体と、このMOSFET本体および前記外部入出力端子の周囲を覆い、前記MOSFET本体を前記放熱フィンまたは前記外部入出力端子に封止する電気絶縁性の封止部材とを具備した技術手段を採用した。

20 【0009】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の交流発電機に加えて、前記整流装置は、前記交流発電機の外殻内に收容され、前記交流発電機の外殻の内周形状に沿うように略弓形状に形成されていることを特徴とする。

30 【0010】請求項3に記載の発明は、請求項1または請求項2に記載の交流発電機に加えて、前記放熱フィンは、前記バッテリーの正極側に電気的に接続される正極側放熱フィン、およびこの正極側放熱フィンと異なる平面上で2段に設けられ、前記バッテリーの負極側に電気的に接続される負極側放熱フィンよりなることを特徴とする。

40 【0011】請求項4に記載の発明は、請求項2に記載の交流発電機に加えて、前記整流装置は、前記正極側放熱フィンまたは前記負極側放熱フィンのどちらか一方の放熱フィン上に保持され、前記炭化珪素を用いたMOSFETと、前記正極側放熱フィンまたは前記負極側放熱フィンのどちらか他方の放熱フィン上に保持され、半導体の素材として珪素や炭化珪素を用いたPN接合ダイオードとからなることを特徴とする。

45 【0012】請求項5に記載の発明は、請求項2に記載の交流発電機に加えて、前記整流装置は、前記交流発電機の多相の電機子巻線で発生した交流出力の正負の両波を整流して直流出力に変換する全波整流を行う多相全波整流装置である。そして、前記炭化珪素を用いたMOS

F E Tは、前記正極側放熱フィン上に前記封止部材により封止される複数個の正極側M O S F E T本体、および前記負極側放熱フィン上に前記封止部材により封止される複数個の負極側M O S F E T本体を有している。さらに、前記複数個の正極側M O S F E T本体の表面には、前記電機子巻線が発生した交流出力を入力する交流入力端子に電気的に接続されるドレイン電極、前記正極側放熱フィンに電気的に接続されるソース電極、および制御装置に電気的に接続されるゲート電極が形成されている。また、前記複数個の負極側M O S F E T本体の表面には、前記負極側放熱フィンに電気的に接続されるドレイン電極、前記交流入力端子に電気的に接続されるソース電極、および前記制御装置に電気的に接続されるゲート電極が形成されていることを特徴とする。

【0013】請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の交流発電機に加えて、前記正極側M O S F E T本体または前記M O S F E T本体は、裏面に前記ソース電極が形成されるN<sup>+</sup>型基板と、このN<sup>+</sup>型基板の表面に形成されたN型耐圧層と、このN型耐圧層の表面に形成されたP型ウエル領域と、このP型ウエル領域の表面に形成され、表面に前記ドレイン電極が形成されるN<sup>+</sup>型ドレイン領域と、前記P型ウエル領域の表面に絶縁膜を介して配設され、前記ドレイン領域および前記N型耐圧層を導通させるN型チャンネルを形成する前記ゲート電極とを備えたことを特徴とする。請求項7に記載の発明は、請求項6に記載の交流発電機に加えて、前記N<sup>+</sup>型のドレイン領域と前記P型ウエル領域は、短絡されていることを特徴とする。

【0014】請求項8に記載の発明は、請求項7に記載の交流発電機に加えて、前記N<sup>+</sup>型基板は、多相の電機子巻線に対応した各M O S F E T本体の共通のN<sup>+</sup>型ソース領域を構成し、前記N<sup>+</sup>型基板上には、前記多相の電機子巻線の各相の前記P型ウエル領域が個別に形成され、前記各P型ウエル領域の表面には、それぞれ前記N<sup>+</sup>型ドレイン領域が個別に形成され、前記各P型ウエル領域の表面には、前記絶縁膜を介して前記各N<sup>+</sup>型ドレイン領域および前記N型耐圧層を個別に導通させるN型チャンネルを形成する各ゲート電極が個別に配設されたことを特徴とする。

【0015】請求項9に記載の発明は、請求項5に記載の交流発電機に加えて、前記正極側M O S F E T本体は、前記ドレイン電極、前記ソース電極および前記ゲート電極と共に前記封止部材により一体的に覆われて前記正極側放熱フィン上に支持固定され、前記負極側M O S F E T本体は、前記ドレイン電極、前記ソース電極および前記ゲート電極と共に前記封止部材により一体的に覆われて前記負極側放熱フィン上に支持固定されたことを特徴とする。請求項10に記載の発明は、請求項1に記載の交流発電機に加えて、前記M O S F E T本体は、このM O S F E T本体をスイッチング制御する制御装置と

同一基板に搭載されることを特徴とする。

【0016】請求項11に記載の発明は、請求項5ないし請求項8のいずれかに記載の交流発電機に加えて、前記M O S F E T本体の前記ソース電極と前記ドレイン電極との間、および前記ドレイン電極と前記ゲート電極との間の耐圧は、50V以上に設定されていることを特徴とする。

【0017】請求項12に記載の発明は、請求項5ないし請求項8のいずれかに記載の交流発電機に加えて、前記M O S F E T本体の前記ソース電極と前記ドレイン電極との間、および前記ドレイン電極と前記ゲート電極との間の耐圧は、100V以上に設定されていることを特徴とする。

【0018】

【発明の作用および効果】請求項1に記載の発明によれば、駆動源により界磁が回転駆動されると、この界磁の回転に伴い電機子の電機子巻線に交流電流が誘起し、電機子巻線が発電される発電電圧が急速に立ち上がる。この電機子巻線が発生した交流電流は、外部入出力端子を経てM O S F E T本体に入力されて、交流電流が整流され直流電流に変換される。そして、発電電圧がバッテリー電圧を越えると、直流電流がバッテリーに供給される。これにより、バッテリーに充電電流が流れることによってバッテリーが充電される。

【0019】請求項1に記載の発明では、例えば車両用交流発電機では、電機子巻線や界磁の磁気エネルギー量が大きいために、それが瞬時に放出される時の対策として、整流素子の耐圧を整流装置の直流出力電圧の20倍以上例えば300Vに設定する必要がある。

【0020】また、近年の車両に搭載される電気負荷の増大から100A以上の大出力電流が要望されている。なお、炭化珪素を素材とする半導体の降伏電界強度は約400V/ $\mu\text{m}$ であり、珪素（シリコン）を素材とする半導体の約1.3倍となっている。このように炭化珪素を素材とする半導体の降伏電界強度がシリコンを素材とする半導体の降伏電界強度に比べて格段に高いということは、その半導体を整流素子に利用した場合にM O S F E T本体の電力損失（発熱）を格段に低減できるという顕著なる効果を達成できる。

【0021】また、M O S F E T本体を封止部材（例えばエポキシ系のモールド樹脂）により放熱フィンまたは外部入出力端子に封止しているため、放熱フィン、端子台等の振動位相が異なっても、応力は封止部材で均等に分散される。したがって、大振動下でも整流素子の強度を十分に確保することができるので、整流素子、つまりM O S F E T本体に及ぼすダメージを抑えることができる。そして、半導体の素材に炭化珪素を用いたM O S F E T本体は、その耐熱限界が高いため、封止部材の内部に熱がこもって高温になっても、正常に動作可能な整流素子である。このため、整流素子を冷却するための放熱

フィンの小型化を図ることができ、且つ専用の大がかりな冷却装置も不要となる。

【0022】さらに、MOSFET本体を封止部材（例えばエポキシ系のモールド樹脂）により放熱フィンまたは外部入出力端子に封止しているため、MOSFET本体は大气に晒されることはないので、MOSFET本体の耐環境性を向上することができる。

【0023】請求項2に記載の発明によれば、交流発電機の外殻の内周形状に沿うように、整流装置の外形状を略円形状に形成しているため、交流発電機の外殻内にコンパクトに収容される。

【0024】請求項3に記載の発明によれば、正極側放熱フィンと負極側放熱フィンとを異なる平面上でしかも2段に重なり合うように交流発電機の外殻内に収容することができる。また、正極側放熱フィンや負極側放熱フィンの面積を十分確保できるので、MOSFET本体の冷却性能を向上できる。さらに、正極側放熱フィンと負極側放熱フィンを小型化しても十分な冷却性能を得ることができるので、正極側放熱フィン上のMOSFET本体や負極側放熱フィン上のMOSFET本体の間隔を短くできるので、交流発電機の外殻を更に小型化できる。

【0025】請求項4に記載の発明によれば、正極側または負極側整流素子として、半導体の素材として炭化珪素を用いたMOSFETを放熱フィン上に保持し、負極側または正極側整流素子として、半導体の素材として珪素や炭化珪素を用いたPN接合ダイオードを放熱フィン上に保持することにより、整流装置の製品価格を低減できる。なお、PN接合ダイオードの代わりに半導体の素材として珪素を用いたMOSFET（Si-MOSFET）等の半導体スイッチング素子を設置しても良い。

【0026】請求項5に記載の発明によれば、複数の正極側、負極側MOSFET本体の表面に、交流入力端子に電気的に接続されるドレイン電極、正極側、負極側放熱フィンに電気的に接続されるソース電極、および制御装置に電気的に接続されるゲート電極が形成されているので、ワイヤーボンディング、半田付け等の結線が容易となり、組付作業コストが低減できる。

【0027】請求項6に記載の発明によれば、半導体の素材として炭化珪素を用いたN<sup>+</sup>型基板の表面上に半導体の素材として炭化珪素を用いたN型耐圧層を形成した後、そのN型耐圧層の表面上に半導体の素材として炭化珪素を用いたP型ウエル領域を形成する。次に、そのP型ウエル領域の表面上に半導体の素材として炭化珪素を用いたN<sup>+</sup>型ドレイン領域を形成すると共に、P型ウエル領域の表面上に絶縁膜を介してN型チャンネルを形成するゲート電極を形成する。さらに、N<sup>+</sup>型基板の裏面にソース電極を形成すると共に、N<sup>+</sup>型ドレイン領域の表面上にドレイン電極を形成することにより、半導体の素材として炭化珪素を用いた高耐圧で、低損失なMOSFET本体を簡単に製造できる。

【0028】請求項7に記載の発明によれば、車両用交流発電機の整流装置では、P型ウエル領域への電位付与の必要からP型ウエル領域とソース電極またはドレイン電極のどちらかと接続することが通常行われているが、P型ウエル領域とソース電極とを接続し、ソース接続側の寄生ダイオードを短絡すると、MOSFET本体のドレイン電極に接続される発電電圧がバッテリー電圧より低下すればドレイン接続側の寄生ダイオードを通じて逆流電流が流れてしまう。

【0029】したがって、このようなドレイン接続側の寄生ダイオードを流れる逆流電流を防止するためには、P型ウエル領域とドレイン電極とを短絡すれば良い。これにより、ソース側接続の寄生ダイオードによりバッテリーからの逆流電流を防止できる。

【0030】請求項8に記載の発明によれば、多相の電機子巻線に対応した各MOSFET本体の共通のN<sup>+</sup>型ソース領域を構成するN<sup>+</sup>型基板上に、各相のP型ウエル領域を個別に形成する。そして、各P型ウエル領域の表面上に絶縁膜を介してN型チャンネルを形成する各ゲート電極を個別に配設することにより、正極側または負極側MOSFET本体を一体のチップとして構成でき、部品点数の低減、多相全波整流装置の小型化が可能となる。

【0031】請求項9に記載の発明によれば、正極側MOSFET本体およびドレイン電極、ソース電極およびゲート電極等の各電極を封止部材（例えばエポキシ系のモールド樹脂）により正極側放熱フィンに支持固定すると共に、負極側MOSFET本体および各電極を封止部材により負極側放熱フィンに支持固定している。

【0032】このため、正極側放熱フィン、負極側放熱フィン、端子台等の振動位相が異なっても、応力は封止部材で均等に分散されるので、正極側、負極側MOSFET本体および各電極に及ぼすダメージを抑えることができる。また、正極側、負極側MOSFET本体および各電極は、大气に晒されることはないため、MOSFET本体や各電極の耐環境性を向上することができる。

【0033】請求項10に記載の発明によれば、MOSFET本体とこのMOSFET本体をスイッチング制御する制御装置とを同一基板上に搭載することにより、MOSFET本体と制御装置との接続配線を短縮でき、交流発電機を更に小型化できる。また、その制御装置もMOSFET本体と一緒に封止部材により封止することにより、MOSFET本体と制御装置との接続配線の露出を防止できるため、その接続配線が被水を受ける等して電食するという不具合を解消できるので、耐環境性を向上できる。

【0034】請求項11および請求項12に記載の発明によれば、Si（シリコン）を素材としたMOSFETに対し、同一耐圧において低損失な炭化珪素を素材としてMOSFET本体を得ることができる。



【0035】

【実施例】

【実施例の構成】次に、この発明の交流発電機を適用した車両用交流発電機に適用した実施例を図に基づいて詳細に説明する。図1および図2は車両用交流発電機の整流装置を示した図で、図3は自動車用オルタネータの全体構造を示した図で、図4は三相全波整流装置および三相の電機子巻線を示した図である。

【0036】自動車用オルタネータ1は、自動車に搭載されたバッテリー2の充電と自動車に搭載された電気装置（車載電気負荷）に電力の供給を行う車両用充電装置である。この自動車用オルタネータ1は、エンジンルーム内に設置されたエンジン（図示せず）にブラケットを介して取り付けられた車両用交流発電機3、およびこの車両用交流発電機3の三相の電機子巻線25の出力電圧を検出すると共に出力電流の一部を界磁巻線11に供給して励磁電流を制御することで三相の電機子巻線25の出力電圧を調整する電圧調整装置8等から構成されている。

【0037】次に、自動車用オルタネータ1の車両用交流発電機3を図3に基づいて説明する。この車両用交流発電機3は、回転駆動されるロータ4、このロータ4と相対回転運動するステータ5、ロータ4とステータ5を内部に収容するハウジング6、およびステータ5の交流出力を整流して直流出力に変換する三相全波整流装置7等より構成されており、回転動力を受けて発電を行う。

【0038】次に、ロータ4を図3に基づいて説明する。このロータ4は、回転子であって、本発明の界磁として働く部分で、シャフト（回転軸）9と一体的に回転する。このロータ4は、シャフト9、ランデル型のポールコア（界磁極、界磁鉄心、回転子鉄心またはロータコアとも言う）10、界磁巻線（回転子巻線、回転子コイル、フィールドコイルまたはロータコイルとも言う）11および2個のスリップリング12等によって構成されている。

【0039】シャフト9は、ハウジング6の内周側で2個のボールベアリング13を介して回転自在に支持されている。このシャフト9の一端部（先端部）には、エンジンの回転動力をシャフト9に伝達するためのVリブドプリー（ポリVベルト用プリー）14が座付きナット15により取り付けられている。このVリブドプリー14は、ポリVベルト等の伝動手段（図示せず）を介してエンジンの出力軸に装着されたポリVベルト用プリー（図示せず）に連結されている。なお、シャフト9をエンジンの出力軸に直接連結しても良く、またシャフト9とエンジンの出力軸との間に一段以上の歯車変速機やVベルト式無段変速機等の伝動手段を連結しても良い。

【0040】ポールコア10は、中央に界磁巻線11が巻かれ、界磁巻線11に励磁電流が流れると、一方の爪状磁極部が全てN極になり、他方の爪状磁極部が全てS

極になる。そして、一方の爪状磁極部の前側壁面には、ハウジング6内に冷却風を吸い込む冷却ファン（軸流式ファン）16が溶接等の手段を用いて取り付けられている。また、他方の爪状磁極部の後側壁面には、ハウジング6内に冷却風を吸い込むと共に、ステータ5に冷却風を吹き付ける冷却ファン（遠心式ファン）17が溶接等の手段を用いて取り付けられている。

【0041】界磁巻線11は、ポールコア10の中央部にコイルボビン18を介して巻回され、両端の端末部がそれぞれシャフトコネクションバー（スリップリング端子）19に電気的に接続されている。なお、この界磁巻線11の端末部とシャフトコネクションバー19との接続部分は、エポキシ樹脂等の電気絶縁性の材料20により覆われている。

【0042】2個のスリップリング12は、シャフト9の他端部（後端部）の外周に取り付けられており、各々の外周が2個のブラシ21にそれぞれ摺接している。2個のブラシ21は、ブラシホルダ22内に収容され、コイルスプリング23により2個のスリップリング12の外周に押圧されている。また、2個のブラシ21は、ブラシホルダ22にインサート成形された2個のターミナルに電気的に接続されている。なお、ブラシホルダ22は樹脂よりなり、このブラシホルダ22の後端とハウジング6との間にはゴムよりなるブラシホルダ22が取り付けられている。このシール部材23は、2個のスリップリング12および2個のブラシ21が被水を受けないように、ブラシホルダ22内への水の浸入を防止している。

【0043】次に、ステータ5を図3に基づいて説明する。このステータ5は、固定子であって、本発明の電機子として働く部分で、ポールコア10の一对の爪状磁極部の外周面に対向して配された電機子鉄心（固定子鉄心またはステータコアとも言う）24、およびこの電機子鉄心24に巻かれた三相の電機子巻線（固定子巻線、固定子コイルまたは電機子コイルとも言う）25等から構成されている。

【0044】電機子鉄心24は、磁性材料製の薄鋼板を複数積層してなる積層コアで、ハウジング6の内周に圧入されて一体化されている。また、電機子鉄心24は、ポールコア10の一对の爪状磁極部から出た磁束が三相の電機子巻線25と有効に交差するように作られた磁束通路を形成する。そして、電機子鉄心24の内周側には、多数のスロット（図示せず）が等間隔で形成されている。

【0045】三相の電機子巻線25は、図4に示したように、U相の電機子巻線、V相の電機子巻線、W相の電機子巻線よりなり、これらがΔ結線により接続されている。三相の電機子巻線25は、図3に示したように、ロータ4の回転に伴って三相交流出力が誘起する巻線で、電機子鉄心24の内周側に形成された多数のスロットに

挿入されている。なお、三相の電機子巻線 2 5 の接続方法として Y 結線を用いても良い。

【0046】次に、ハウジング 6 を図 3 に基づいて説明する。このハウジング 6 は、車両用交流発電機 3 の外殻を構成するもので、ドライブフレーム（フロントハウジングとも言う）2 6、リヤフレーム（リヤハウジングとも言う）2 7、およびリヤカバー（エンドカバーとも言う）2 8 等から構成されている。

【0047】ドライブフレーム 2 6 は、アルミニウムダイカストにて一体成形され、ロータ 4 の前端側をボールベアリング 1 3 を介して回転自在に支持すると共に、エンジンへの取り付けを行うステータ部 2 9、3 0 を一体成形している。このドライブフレーム 2 6 には、冷却ファン 1 6、1 7 の回転により吸い込まれる冷却風の通気用穴（冷却風吸入窓）3 1 が多数開口している。

【0048】リヤフレーム 2 7 は、アルミニウムダイカストにて一体成形され、ロータ 4 の後端側をボールベアリング 1 3 を介して回転自在に支持すると共に、エンジンへの取り付けを行うステータ部 3 2 を一体成形している。このリヤフレーム 2 7 には、冷却ファン 1 6、1 7 の回転により吸い込まれる冷却風の通気用穴（冷却風吸入窓）3 3 が多数開口している。なお、リヤフレーム 2 7 は、スタッドボルトおよびナット等の複数個の締付け具 3 4 により、ドライブフレーム 2 6 に締付け固定されている。

【0049】リヤカバー 2 8 は、アルミニウム等の金属板をプレス成形することにより一体成形されている。このリヤカバー 2 8 は、リヤフレーム 2 7 との間に本発明の主要な構造である電圧調整装置 8、シャフト 9 の他端部、2 個のスリップリング 1 2、2 個のブラシ 2 1 およびブラシホルダ 2 2 を収容している。なお、リヤカバー 2 8 には、冷却ファン 1 6、1 7 の回転により吸い込まれる冷却風の通気用穴（図示せず）が多数開口していると共に、ボディアース（接地）され、後記する三相全波整流装置 7 の直流出力側ターミナルを構成する。

【0050】次に、車両用交流発電機 3 の三相全波整流装置 7 を図 1 ないし図 6 に基づいて説明する。この三相全波整流装置 7 は、直流出力端子 4 1、正極側放熱フィン 4 2、負極側放熱フィン 4 3、端子台 4 4、リードフレーム 4 5、3 個の正極側 SiC（炭化珪素）-MOSFET 5 1～5 3 および 3 個の負極側 SiC（炭化珪素）-MOSFET 5 4～5 6 等から構成されている。

【0051】先ず、直流出力端子 4 1 を図 2 ないし図 4 に基づいて説明する。この直流出力端子（直流出力正極側ターミナル、B 端子ボルトとも言う）4 1 は、一端部に導電線 4 6 を介してバッテリー 2 が電気的に接続され、他端部に一方のブラシ 2 1 のターミナル、正極側放熱フィン 4 2 および後記するリードフレーム 4 5 に図示しないねじを締め付けることにより電気的に接続されている。この直流出力端子 4 1 は、バッテリー 2 に充電電流を

供給するターミナルで、自動車用オルタネータ 1 の B 端子を形成する。

【0052】次に、正極側放熱フィン 4 2 および負極側放熱フィン 4 3 を図 1 ないし図 3 に基づいて説明する。

05 一方の正極側放熱フィン 4 2 は、バッテリー 2 の正極側の集電機能と放熱機能を併せ持つ放熱フィンであって、例えばブラシホルダ 2 2 を囲むように、リヤカバー 2 8 の内周面に沿うように略弓形状に一体成形されている。また、正極側放熱フィン 4 2 は、リヤフレーム 2 7 の後側面に沿うように配され、リヤカバー 2 8 内に収容されている。

【0053】他方の負極側放熱フィン 4 3 は、バッテリー 2 の負極側の集電機能と放熱機能を併せ持つ放熱フィンであって、正極側放熱フィン 4 2 と同様に、例えばブラシホルダ 2 2 を囲むように、リヤカバー 2 8 の内周面に沿うように略弓形状に一体成形されている。また、負極側放熱フィン 4 3 は、正極側放熱フィン 4 2 と異なる平面上にて正極側放熱フィン 4 2 と重ね合わさるように、正極側放熱フィン 4 2 よりもリヤカバー 2 8 側に設置されている。さらに、負極側放熱フィン 4 3 は、図 3 に示したように、リヤカバー 2 8 に接触することによりボディアース（接地）されており、正極側放熱フィン 4 2 とで電位部を構成する。

【0054】そして、正極側放熱フィン 4 2 および負極側放熱フィン 4 3 は、それぞれ熱伝導性に優れる導電性金属板（例えば銅板またはアルミニウム板）形成され、3 個の正極側 SiC-MOSFET 5 1～5 3 および 3 個の負極側 SiC-MOSFET 5 4～5 6 の発熱を放熱し易くするように冷却風の流れ方向に立ち上げられた立壁部 4 7、4 8 を有している。また、正極側放熱フィン 4 2 および負極側放熱フィン 4 3 の表面上には、3 個の正極側 SiC-MOSFET 5 1～5 3 および 3 個の負極側 SiC-MOSFET 5 4～5 6 の対応するもの同士が略同一径方向位置に配されるように、3 個の正極側 SiC-MOSFET 5 1～5 3 および 3 個の負極側 SiC-MOSFET 5 4～5 6 を所定の間隔で略円弧上に保持固定（マウント）している。

【0055】そして、正極側放熱フィン 4 2 および負極側放熱フィン 4 3 には、それぞれ 2 個の貫通穴が形成されている。また、正極側放熱フィン 4 2 および負極側放熱フィン 4 3 は、各貫通穴内に挿入された 2 個のパイプリベット 4 9 および端子台 4 4 により両者が所定の距離を保ちながら電気的に絶縁された状態で連結されている。なお、2 個のパイプリベット 4 9 内には、リヤフレーム 2 7 に正極側、負極側放熱フィン 4 2、4 3 および端子台 4 4 を締付け固定するためのスタッドボルト等の締付け具（図示せず）が差し込まれる。

【0056】次に、端子台 4 4 を図 1 ないし図 3 に基づいて説明する。この端子台 4 4 は、高強度で寸法安定性の高い例えばポリフェニレンスルフィド樹脂（PPS 樹



脂)等の電気絶縁性の樹脂材料によって、略弓形状の薄い平板状に一体成形されている。そして、端子台 4 4 は、リードフレーム 4 5 の一部を封止する封止手段であり、正極側放熱フィン 4 2 よりもリヤフレーム 2 7 寄りに設けられ、2 個の円筒状部(図示せず)、および正極側放熱フィン 4 2 に負極側放熱フィン 4 3 を仮止めするための 3 個の円柱状部(仮固定部) 5 7 を負極側放熱フィン 4 3 側に向かって突出している。

【0057】2 個の円筒状部は、正極側放熱フィン 4 2 の貫通穴を貫通し、先端部が負極側放熱フィン 4 3 とパイブリベット 4 9 との間に差し込まれている。3 個の円柱状部 5 7 は、内部を挿通するねじ(図示せず)で正極側放熱フィン 4 2 または負極側放熱フィン 4 3 に連結され、正極側放熱フィン 4 2 と負極側放熱フィン 4 3 とを所定の絶縁距離に保つ絶縁距離保持手段として働く。

【0058】なお、端子台 4 4 の外周側面からは、略円柱状の正極側腕状部 5 8 が 3 個突出して形成されている。また、円柱状部 5 7 の内周側面からも、略円柱状の負極側腕状部 5 9 が突出して 3 個形成されている。さらに、端子台 4 4 の直流出力端子 4 1 の接続部と異なる端部、端子台 4 4 の電圧調整装置 8 側の端部には、3 個の正極側ゲート信号入力端子(図示せず)、および 3 個の負極側ゲート信号入力端子(図示せず)の周囲を囲むようにコネクタ部 6 0 が一体成形されている。このコネクタ部 6 0 は端子台 4 4 と別体の電気絶縁性の樹脂部材にて形成しても良い。

【0059】次に、リードフレーム 4 5 を図 2、図 4 ないし図 6 に基づいて説明する。このリードフレーム 4 5 は、例えば銅やアルミニウム等の導電性金属材料製の薄板よりなり、3 個の交流入力端子 6 1 ~ 6 3、3 個の正極側ゲート信号入力端子、および 3 個の負極側ゲート信号入力端子等が形成されている。

【0060】次に、3 個の交流入力端子 6 1 ~ 6 3 を図 2 および図 6 に基づいて説明する。これらの交流入力端子 6 1 ~ 6 3 は、本発明の外部入出力端子であって、対応する各々の正極側 SiC-MOSFET 5 1 ~ 5 3、負極側 SiC-MOSFET 5 4 ~ 5 6 および三相の電機子巻線 2 5 を電気的に接続する導電線(発電検出用端子、P 端子とも言う)で、U 相ターミナル 6 4、V 相ターミナル 6 5 および W 相ターミナル 6 6 を除く大部分が端子台 4 4 に覆われた状態で端子台 4 4 内に封止されている。

【0061】3 個の正極側ゲート信号入力端子は、本発明の外部入出力端子であって、電圧調整装置 8 と対応する各々の正極側 SiC-MOSFET 5 1 ~ 5 3 の後記するゲート電極とを電気的に接続する導電線(正極側ゲート信号送信線とも言う)で、コネクタ部 6 0 内の電圧調整装置 8 の接続箇所を除く大部分が端子台 4 4 およびその正極側腕状部 5 8 に覆われた状態で端子台 4 4 内に封止されている。

【0062】3 個の負極側ゲート信号入力端子は、本発明の外部入出力端子であって、電圧調整装置 8 と対応する各々の負極側 SiC-MOSFET 5 4 ~ 5 6 の後記するゲート電極とを電気的に接続する導電線(正極側ゲート信号送信線とも言う)で、コネクタ部 6 0 内の電圧調整装置 8 の接続箇所を除く大部分が端子台 4 4 およびその負極側腕状部 5 9 に覆われた状態で端子台 4 4 内に封止されている。

【0063】次に、三相全波整流装置 7 の 3 個の正極側 SiC-MOSFET 5 1 ~ 5 3 および 3 個の負極側 SiC-MOSFET 5 4 ~ 5 6 を図 1 ないし図 6 に基づいて説明する。これらの 3 個の正極側 SiC-MOSFET 5 1 ~ 5 3 および 3 個の負極側 SiC-MOSFET 5 4 ~ 5 6 は、三相の電機子巻線 2 5 の交流出力を整流して直流出力に変換する整流素子(三相全波整流装置 7 の半導体素子)である。

【0064】3 個の正極側 SiC-MOSFET 5 1 ~ 5 3 は、正極側放熱フィン 4 2 の表面(前側面)上に半田付け等の手段を用いて電気的に接続されている。また、3 個の負極側 SiC-MOSFET 5 4 ~ 5 6 は、負極側放熱フィン 4 3 の表面(前側面)上に半田付け等の手段を用いて電気的に接続されている。

【0065】そして、3 個の正極側 SiC-MOSFET 5 1 ~ 5 3 は、正極側 MOSFET 本体 7 1、およびこの正極側 MOSFET 本体 7 1 全体を覆う封止部材 7 2 等から構成されている。この封止部材 7 2 は、例えば密着性の高いエポキシ系の電気絶縁性の樹脂材料よりなり、正極側 MOSFET 本体 7 1 をドレイン電極 D、ソース電極 S およびゲート電極 G と共に正極側放熱フィン 4 2 の表面上に封止している。

【0066】そして、3 個の負極側 SiC-MOSFET 5 4 ~ 5 6 は、負極側 MOSFET 本体 7 3、およびこの負極側 MOSFET 本体 7 3 全体を覆う封止部材 7 4 等から構成されている。この封止部材 7 4 は、封止部材 7 2 と同様に、例えば密着性の高いエポキシ系の電気絶縁性の樹脂材料よりなり、負極側 MOSFET 本体 7 3 をドレイン電極 D、ソース電極 S およびゲート電極 G と共に負極側放熱フィン 4 3 の表面上に封止している。

【0067】ここで、図 1 および図 2 に示したように、3 個の正極側 SiC-MOSFET 5 1 ~ 5 3 の正極側 MOSFET 本体 7 1 のドレイン電極 D は、リード線(ワイヤボンディング) 7 5 を介して各々対応する交流入力端子 6 1 ~ 6 3 に電気的に接続されている。また、正極側 MOSFET 本体 7 1 のソース電極 S は、半田材を用いて正極側放熱フィン 4 2 の表面上に電気的に接続されている。さらに、正極側 MOSFET 本体 7 1 のゲート電極 G は、各々対応する正極側ゲート信号入力端子にリード線(ワイヤボンディング) 7 6 を介して正極側ゲート信号入力端子に電気的に接続されている。

【0068】一方、図 1 および図 2 に示したように、3

個の負極側SiC-MOSFET 54～56の負極側MOSFET本体73のドレイン電極Dは、半田材を用いて負極側放熱フィン43の表面上に電気的に接続されている。また、負極側MOSFET本体73のソース電極Sは、リード線（ワイヤボンディング）77を介して各々対応する交流入力端子61～63に電気的に接続されている。

【0069】すなわち、3個の負極側SiC-MOSFET 54～56の負極側MOSFET本体73のソース電極Sは、交流入力端子61～63を介して各々対応する3個の正極側SiC-MOSFET 51～53の正極側MOSFET本体71のドレイン電極Dに電気的に接続される。さらに、負極側MOSFET本体73のゲート電極Gは、各々対応する負極側ゲート信号入力端子にリード線（ワイヤボンディング）78を介して正極側ゲート信号入力端子に電気的に接続されている。

【0070】次に、正極側MOSFET本体71の形成方法を図5に基づいて説明する。ここで、図5（a）は正極側MOSFET本体71の断面構造の一例を示した図で、図5（b）は正極側MOSFET本体71の断面構造の他の例を示した図である。

【0071】正極側MOSFET本体71は、先ず炭化珪素（SiC）を素材とするN<sup>+</sup>型基板（N<sup>+</sup>型半導体）101の表面上に、SiCを素材とするN型耐圧層（N型半導体）102をエピタキシャル成長により形成する。そして、N型耐圧層102の表面部に、SiCを素材とするP型ウエル領域（P型半導体）103がアルミニウムイオンをイオン注入することにより形成する。さらに、P型ウエル領域103の表面部に、SiCを素材とするN<sup>+</sup>型ドレイン領域（N<sup>+</sup>型半導体）104を窒素をイオン注入することにより形成する。なお、107はN型耐圧層102の空乏層である。

【0072】そして、ウエハ表面のトレンチ形成予定領域だけを開口してレジストや絶縁膜（図示せず）でマスクしつつ周知のR. i. Eドライエッチングによりトレンチ105を凹設する。その後に、トレンチ105の表面に熱酸化法によりシリコン酸化膜からなるゲート絶縁膜106を形成した後に、トレンチ105にドーパポリシリコンからなるゲート電極Gを形成する。その後に、導電性金属よりなるドレイン電極DをN<sup>+</sup>型ドレイン領域104およびP型ウエル領域103の表面にコンタクトし、導電性金属よりなるソース電極SをN<sup>+</sup>型基板101の裏面にコンタクトして正極側MOSFET本体71を製造する。

【0073】次に、上記したSiCをP型半導体やN型半導体の素材として用い、表面のゲート絶縁膜にシリコン酸化膜を用いたSiC-MOSFET式三相全波整流装置のU相部分を示すインバータ回路を図6に示した。なお、図6（a）はN型チャンネルの場合のインバータ回路を示した図で、図6（b）はP型チャンネルの場合

のインバータ回路を示した図である。

【0074】図6（a）のN型チャンネルのSiC-MOSFETのインバータ回路100は、正極側SiC-MOSFET 51のMOSFET本体71のドレイン電極Dと負極側SiC-MOSFET 54のMOSFET本体73のソース電極Sが交流入力端子61を介して三相の電機子巻線25のU相出力端に接続される。また、負極側SiC-MOSFET 54のMOSFET本体73のソース電極Sはバッテリー2の負極側（-側）に接続され、正極側SiC-MOSFET 51のMOSFET本体71のソース電極Sはバッテリー2の正極側（+側）に接続される。

【0075】なお、図6（a）のN型チャンネルの場合は、図6（b）のP型チャンネルの場合と異なり、バッテリー充電時における充電電流の方向と電子の移動方向とは逆であり、ソース電極Sはこのバッテリー充電時におけるキャリア電荷をチャンネルへ注入する側の電極を言う。

【0076】正極側、負極側のSiC-MOSFET 51、54のMOSFET本体71、73では、図5に示したように、P型ウエル領域103（すなわちゲート電極G直下の領域）とソース電極Sまたはドレイン電極Dとの間にソース接続側の寄生ダイオードDsとドレイン接続側の寄生ダイオードDdとが図5（a）、（b）および図6（a）、（b）に図示したように生じるが、P型ウエル領域103への電位付与の必要からP型ウエル領域103とドレイン電極Dを短絡している。

【0077】すなわち、車両用交流発電機3の三相全波整流装置7では、P型ウエル領域103への電位付与の必要からP型ウエル領域103とソース電極Sまたはドレイン電極Dのどちらと接続することが通常行われているが、P型ウエル領域103とソース電極Sとを接続し、ソース接続側の寄生ダイオードDsを短絡すると、正極側のSiC-MOSFET 51のMOSFET本体71のドレイン電極Dに接続される発電電圧がバッテリー電圧より低下すればドレイン接続側の寄生ダイオードDdを通じて逆流電流が流れてしまう。

【0078】同じく、負極側のSiC-MOSFET 53のMOSFET本体73のソース電極Sに接続される発電電圧がバッテリー2の負極の電位（接地電位）電圧より上昇すればドレイン接続側の寄生ダイオードDdを通じて逆流電流が流れてしまう。

【0079】したがって、このようなドレイン接続側の寄生ダイオードDdを流れる逆流電流を防止するためには、P型ウエル領域103をドレイン電極Dに接続して短絡させることにより、ソース側接続の寄生ダイオードDsによりバッテリー2からの逆流電流を阻止するようにしている。このことは図6（b）のP型チャンネルの場合も同じである。

【0080】次に、電圧調整装置8を図3および図4に

基づいて説明する。この電圧調整装置 8 は、所謂 M 型 I C レギュレータであって、例えば P P S 樹脂等の電気絶縁性の樹脂部材よりなるシールドケース 9 0、このシールドケース 9 0 内に一部が覆われた状態で封止された発電検出端子 9 1 ~ 9 3、外部入出力端子 9 4、9 5、励磁電流出力端子 9 6、9 7 等のリードフレーム、制御装置 9 8 および放熱フィン（図示せず）等から構成されている。

【0081】発電検出端子 9 1 ~ 9 3 は、三相の電機子巻線 2 5 の U 相出力端 V u、V 相出力端 V v、W 相出力端 V w に電氣的に接続される端子部（外部入力端子、I G 端子とも言う）で、各接続箇所を除く大部分がシールドケース 9 0 内に封止されている。

【0082】外部入出力端子 9 4 は、一端部が制御装置 9 8 に電氣的に接続され、他端部が導電線（図示せず）を介してイグニッションスイッチ（図示せず）に電氣的に接続される端子部（外部入力端子、I G 端子とも言う）で、各接続箇所を除く大部分がシールドケース 9 0 内に封止されている。

【0083】外部入出力端子 9 5 は、バッテリー電圧を検出するレギュレータセンサであって、一端部が制御装置 9 8 に電氣的に接続され、他端部が雌型コネクタ部および導電線（図示せず）を介してバッテリー 2 の正電極（図示せず）に電氣的に接続される端子部（バッテリー電圧入力端子、外部入力端子、S 端子とも言う）V B で、各接続箇所を除く大部分がシールドケース 9 0 内に封止されている。

【0084】励磁電流出力端子 9 6、9 7 は、一端部が制御装置 9 8 に電氣的に接続され、他端部がブラシ 2 1 のターミナルにねじ等の締付け具を用いて締め付けられることにより電氣的に接続される端子部（F 端子とも言う）で、各接続箇所を除く部分がシールドケース 9 0 内に封止されている。

【0085】制御装置 9 8 は、本発明の制御装置であって、集積回路（I C チップ）の他に、パワートランジスタ（励磁電流出力用トランジスタ）、逆起電力吸収用トランジスタ等の半導体スイッチング素子や、多数の抵抗等の電気部品も形成されている。

【0086】〔実施例の作用〕次に、この実施例の自動車用オルタネータ 1 の作用を図 1 ないし図 1 2 に基づいて簡単に説明する。

【0087】イグニッションスイッチを回して、バッテリー 2 よりエンジン用スタータに電力が供給され、エンジン用スタータが動作することにより、自動車に搭載されたエンジンが始動する。そして、エンジンが運転されることによって、エンジンの回転動力がボリ V ベルト等の伝動手段を介して V リブドプリー 1 4 に伝達されると、ドライブフレーム 2 6 およびリヤフレーム 2 7 に 2 個のボールベアリング 1 3 を介して回転自在に支持されているシャフト 9 が回転することによりロータ 4 が回転す

る。このとき、シャフト 9 と一体的にポールコア 1 0、界磁巻線 1 1 および 2 個のスリップリング 1 2 が回転する。

【0088】そして、イグニッションスイッチがオンされることにより、制御装置 9 8 のパワートランジスタ（図示せず）が連続オン動作となり、バッテリー 2 → 直流出力端子 4 1 → ブラシ 2 1 → スリップリング 1 2 → シャフトコネクションバー 1 9 → 界磁巻線 1 1 → シャフトコネクションバー 1 9 → スリップリング 1 2 → ブラシ 2 1 → 励磁電流出力端子 9 6、9 7 → 制御装置 9 8 のパワートランジスタ → アース側端子 6 7 → リヤカバー 2 8 → ボディのように励磁電流が流れる。

【0089】したがって、界磁巻線 1 1 にバッテリー 2 より電圧が印加されて界磁巻線 1 1 に励磁電流が流れることによりポールコア 1 0 の一対の爪状磁極部が励磁される。これにより、一方の爪状磁極部が全て N 極になり、他方の爪状磁極部が全て S 極になる。そして、ロータ 4 と相対回転するステータ 5 の電機子鉄心に巻かれた三相の電機子巻線 2 5 に順次交流電流が誘起し、発電電圧が急速に立ち上がる。この三相の交流電流は、交流入力端子 6 1 ~ 6 3 を経て三相全波整流装置 7 に入力される。すなわち、3 個の正極側 S i C - M O S F E T 5 1 ~ 5 3 および 3 個の負極側 S i C - M O S F E T 5 4 ~ 5 6 に入力されることにより、三相の交流電流が整流され直流電流に変換される。

【0090】そして、三相の電機子巻線 2 5 の発電電圧（直流出力端子 4 1 の電圧、B 端子電圧）がバッテリー電圧を越えると、整流された直流電流、すなわち、充電電流は、3 個の正極側 S i C - M O S F E T 5 1 ~ 5 3 → 正極側放熱フィン 4 2 → 直流出力端子 4 1 を経てバッテリー 2 に供給される。これにより、バッテリー 2 が充電電流が流れることによってバッテリー 2 が充電される。

【0091】次に、正極側、負極側 S i C - M O S F E T 5 1 ~ 5 3、5 4 ~ 5 6 の動作タイミングについて説明する。正極側 S i C - M O S F E T 5 1 ~ 5 3 は次のタイミングで O N、O F F する。ある相の電機子巻線 2 5 の出力電圧がバッテリー電圧 V B を超えている期間、対応する正極側 S i C - M O S F E T 5 1 ~ 5 3 が O N する。そして、その相の電機子巻線 2 5 の出力電圧がバッテリー電圧 V B を下回った瞬間に O F F する。

【0092】また、負極側 S i C - M O S F E T 5 4 ~ 5 6 は次のタイミングで O N、O F F する。ある相の電機子巻線 2 5 の出力電圧が接地電圧 V E を下回っている期間、対応する負極側 S i C - M O S F E T 5 4 ~ 5 6 が O N する。そして、その相の電機子巻線 2 5 の出力電圧が接地電極 V E を上回った瞬間に O F F する。このようにすれば、S i C - M O S F E T 式三相全波整流装置 7 は、従来のシリコンダイオードを用いた三相全波整流動作と同等の作用を実現できる。

【0093】ここで、自動車用オルタネータ 1 のロータ

4、ステータ5、三相全波整流装置7の各電気部品が通電されることにより発熱する。この熱は、ポールコア10が回転することにより、一对の爪状磁極部に取り付けられた冷却ファン16、17が回転することにより、ハウジング6内に冷却風が吸い込まれることにより冷却される。具体的には、ロータ4の界磁巻線11およびステータ5の三相の電機子巻線25は、図3に示したように、ドライブフレーム26およびリヤフレーム27の多数の通気用穴31、33およびリヤカバー28の多数の通気用穴を通して送り込まれる冷却ファン16、17の冷却風によって直接冷却される。

【0094】また、三相全波整流装置7の3個の正極側SiC-MOSFET51~53および3個の負極側SiC-MOSFET54~56で発生した熱は、図3に示したように、正極側放熱フィン42および負極側放熱フィン43にリヤカバー28の多数の通気用穴を通して送り込まれた冷却風が当たることで正極側放熱フィン42および負極側放熱フィン43が冷やされることにより、正極側放熱フィン42および負極側放熱フィン43を介して放熱する。

#### 【0095】【実施例の効果】

(封止部材による自動車用オルタネータの効果) 以上のように、この実施例の自動車用オルタネータ1の三相全波整流装置7の正極側SiC-MOSFET51~53は、各々の正極側MOSFET本体71、ドレイン電極D、ソース電極Sおよびゲート電極Gと共に正極側放熱フィン42の表面上に例えばエポキシ系のモールド樹脂製の封止部材72により封止されている。

【0096】また、負極側SiC-MOSFET54~56は、各々の負極側MOSFET本体73、ドレイン電極D、ソース電極Sおよびゲート電極Gと共に負極側放熱フィン43の表面上に例えばエポキシ系のモールド樹脂製の封止部材74により封止されている。

【0097】この結果、エンジンに直接取り付けられ、エンジンの振動が伝わる自動車用オルタネータ1の正極側放熱フィン42、負極側放熱フィン43および端子台44等の振動位相が異なっても、応力は封止部材72、74で均等に分散される。したがって、大振動下でも正極側、負極側MOSFET本体71、73の強度を十分に確保することができるので、正極側、負極側MOSFET本体71、73に及ぼすダメージを抑えることができる。さらに、正極側、負極側MOSFET本体71、73および各電極は、大気に晒されることはないので、MOSFET本体71、73や各電極の耐環境性を向上することができる。

【0098】また、半導体の素材にSiCを用いた正極側、負極側MOSFET本体71、73は、電力損失が小さく、すなわち、発熱量が小さく、且つその耐熱限界が高いため、封止部材72、74の内部に熱がこもって高温になっても、正常に動作可能な整流素子であるた

め、正極側、負極側MOSFET本体71、73専用の大がかりな冷却装置も不要となる。したがって、自動車用オルタネータ1の部品点数を軽減できるため、自動車用オルタネータ1の製品コストを低下させることができるので、このような非常に安価な自動車用オルタネータ1を備えた自動車の価格を低減することができる。さらに、正極側、負極側MOSFET本体71、73を冷却するための正極側放熱フィン42または負極側放熱フィン43の小型化を図ることができる。

10 【0099】また、三相全波整流装置7は、略弓形状の正極側放熱フィン42と略弓形状の負極側放熱フィン43とを異なる平面上でしかも2段に重なり合うように車両用交流発電機3のリヤカバー28の内壁面に沿ってコンパクトに収容することができる。また、正極側放熱フィン42や負極側放熱フィン43の面積を十分確保できるので、MOSFET本体71、73の冷却性能を向上できる。なお、正極側放熱フィン42と負極側放熱フィン43を小型化しても十分な冷却性能を得ることができるので、正極側放熱フィン42の表面上のMOSFET本体71や負極側放熱フィン43の表面上のMOSFET本体73の間隔を短くできるので、車両用交流発電機3のハウジング6の外径を小型化できる。

【0100】(半導体の素材としてSiCを用いたSiC-MOSFETの効果) 以下、正極側、負極側SiC-MOSFET51~53、54~56を単にSiC-MOSFETと言う。この実施例では、SiC-MOSFETがオフしている場合に、高電圧(例えば+300V)がソース電極Sとドレイン電極Dとの間に印加されると、主にN型耐圧層102に空乏層107を張り出してこの高電圧に耐えることになる。その結果、このN型耐圧層102はソース帰還抵抗Rsとなり、それ自身の抵抗とチャンネル抵抗増加効果との両方の原因により電力損失を発生する。しかし、この実施例では、単結晶SiCを素材とするので、N型耐圧層102の厚さ及び不純物濃度を従来のSiに比較して大幅に向上することができる。

【0101】以下、N型耐圧層102の耐圧を300Vとする場合のN型耐圧層102の設計条件を考える。Siの場合、その降伏電界強度は約30V/ $\mu\text{m}$ であり、簡単にこの耐圧300VをN型耐圧層102で負担すると考えると、N型耐圧層102の必要厚さは約20 $\mu\text{m}$ 、その不純物濃度は $1 \times 10^{15}$ 原子/ $\text{cm}^3$ 、抵抗率は約5 $\Omega \cdot \text{cm}$ となる。

【0102】一方、SiCの降伏電界強度は約400V/ $\mu\text{m}$ とすると、N型耐圧層102の必要厚さは約4 $\mu\text{m}$ 、その不純物濃度は $2 \times 10^{15}$ 原子/ $\text{cm}^3$ 、抵抗率は約1.25 $\Omega \cdot \text{cm}$ となる。したがって、SiC-MOSFETのN型耐圧層102の抵抗は、Si-MOSFETのN型耐圧層102の抵抗に比べて1/20にまで低減できることになる。

【0103】結局、この実施例のSiC-MOSFETにおける上記ソース帰還抵抗RsはSi-MOSFETにおけるソース帰還抵抗Rsに比較して1/20に低減することができ、またそれに応じてチャンネル抵抗も大幅に減少することができ、それらの相乗効果により極めて低損失（低発熱）の車両用交流発電機3の三相全波整流装置7を実現することができる。

【0104】すなわち、半導体の素材としてSiCを採用したことによるN型耐圧層102の降伏電界強度を改善することにより、従来のものからは予測し得ない優れた効率を持つ三相全波整流装置7を実現できることが分かった。当然、上記した関係はN型耐圧層102に300V以外の他の高電圧を印加した場合も同じである。

【0105】次に、同一チップサイズ及び設計ルールで製造したPN接合Siダイオード（従来例）とSi-MOSFET（比較例）とSiC-MOSFET（実施例）の電圧-電流特性を図7ないし図9のグラフに示す。但し、それらの耐圧は250Vとしている。図7はSiを素材とするPN接合ダイオードの試験特性を示したグラフで、図8はSiを素材とするSi-MOSFETの試験特性を示したグラフで、図9はSiCを素材とするSiC-MOSFETの試験特性を示したグラフである。図7ないし図9のグラフから分かるように、出力電流75Aの条件においてこの実施例の三相全波整流装置7は従来の三相全波整流装置に比較して電力損失を90%以上削減することが可能となった。

【0106】図10はMOSFETの要求電圧を変えた場合のオン抵抗率についての計算結果の一例を示したグラフである。なお、このオン抵抗率はチャンネル抵抗とN型耐圧層102の抵抗との和であるが、特にチャンネル抵抗は各種ファクタにより変動するもので、図10のグラフから分かるように高耐圧領域ではN型耐圧層102の上記抵抗が支配的となる。

【0107】すなわち、耐圧が増加してもチャンネル抵抗自体はほとんど変化しないが（ソース帰還抵抗Rsの増加による上記帰還効果によるチャンネル抵抗の増加を無視した場合）、N型耐圧層102の抵抗は耐圧に正の相関関係を保ちつつ増加する。したがって、Siでは耐圧250VまではN型耐圧層102の抵抗増加はほとんど無視でき、耐圧250Vを超えて始めてオン抵抗率がゆっくりと増加することが分かる。

【0108】次に、図11および図12は同一のチップサイズのSiC-MOSFET（実施例）及びSi-MOSFET（比較例）を組み込んだ三相全波整流装置7を採用した車両用交流発電機3の特性を示したグラフである。出力電流は約10%（12極、5000rpm時）向上し、また整流損失がほとんど無視できるので整流効率も約3%~5%向上できた。

【0109】さらに、三相全波整流装置7の発熱が大きく下がったことから放熱フィンの小型化が実現でき、三

相全波整流装置7と電圧調整装置8の制御装置98とを一体化することが可能となる。さらに、これら三相全波整流装置7とこの三相全波整流装置7の動作タイミングを制御する制御装置98とを一体化することにより両者を接続する配線の省略、及びこの配線から放射される電磁ノイズの低減も実現することができ、従来の自動車用オルタネータに比べて、通気用穴を直接リヤカバーで覆うことなく露出でき、その結果、自動車用オルタネータへのこの三相全波整流装置の搭載スペースも縮小でき、その分、通風抵抗及び通風動力も低減できるようになる。

【0110】また、この実施例によれば、図12のグラフに示したように、12極、100A仕様の交流発電機を10000rpmで回転させた場合において、この実施例のSiC-MOSFET式の三相全波整流装置（実施例）は従来のSi-MOSFET式の三相全波整流装置（従来例）に比較して、整流された出力電圧に含まれるノイズ電圧が約20%低減できることが分かった。これは、正極側、負極側SiC-MOSFET51~56の抵抗が小さいので、正極側、負極側SiC-MOSFET51~56のスウィッチング動作（開閉動作）に伴う三相の電機子巻線25の両端電位変化が抑止されるためである。

【0111】〔変形例〕この実施例では、本発明を車両用交流発電機としての自動車用オルタネータ1に適用したが、本発明を車両搭載用エンジンを除く内燃機関、電動モータ、水車、風車等の駆動源により回転駆動されるその他の交流発電機の整流電圧調整装置に適用しても良い。

【0112】この実施例では、三相全波整流装置7の動作タイミングを制御する制御装置98を車両用交流発電機3内に収容したが、制御装置98を車両用交流発電機3の外部に配設しても良い。また、三相全波整流装置7内に制御装置9を内蔵しても、外付けしても良い。さらに、三相以外の多相全波整流装置、単相半波整流装置または多相半波整流装置を備えた車両用交流発電機3においても本発明を利用することができる。

【0113】そして、交流発電機の三相全波整流装置等の多相全波整流装置は、正極側放熱フィンまたは負極側放熱フィンのどちらか一方の放熱フィン上に保持されたSiC-MOSFETと、他方の放熱フィン上に保持されたPN接合ダイオードとからなるようにしても良い。なお、PN接合ダイオードは、半導体の素材として珪素や炭化珪素を用いても良い。

【0114】また、N<sup>+</sup>型基板101は、正極側SiC-MOSFET51~53の各々のMOSFET本体71の共通のN<sup>+</sup>型ソース領域を構成しても良い。さらに、N<sup>+</sup>型基板101上に、三相の電機子巻線25の各相のP型ウエル領域103を個別に形成しても良い。この場合に、各P型ウエル領域103の表面に、それぞれN<sup>+</sup>型ドレイン領域104を個別に形成しても良い。こ

の場合に、各P型ウェル領域103の表面上に、ゲート絶縁膜106等の絶縁膜を介して各N<sup>+</sup>型ドレイン領域104およびN型耐圧層102を個別に導通させるチャンネルを形成する各ゲート電極Gをが個別に配設しても良い。この場合、正極側SiC-MOSFET51~53は一体のチップとして構成できるので、部品点数を低減でき、且つ三相全波整流装置7等の多相全波整流装置の小型化を図れる。

【0115】なお、電圧調整装置8内蔵の制御装置98のパワートランジスタとして、半導体として炭化珪素を用い、表面絶縁物として熱生成した酸化珪素を用いたSiC-MOSFETを用いても良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】車両用交流発電機の三相全波整流装置の主要部を示した断面図である（実施例）。

【図2】図1の三相全波整流装置を示した平面図である（実施例）。

【図3】自動車用オルタネータの全体構造を示した断面図である（実施例）。

【図4】図1の三相全波整流装置と三相の電機子巻線を示した回路図である（実施例）。

【図5】（a）は正極側MOSFET本体の一例を示した断面図で、（b）は正極側MOSFET本体の他の例を示した断面図である（実施例）。

【図6】（a）、（b）は図4の三相全波整流装置のU相分を示すインバータ回路の等価回路図である（実施例）。

【図7】PN接合Siダイオード（従来例）の電圧と電流との関係を示したグラフである。

【図8】Si-MOSFET（比較例）の電圧と電流との関係を示したグラフである。

【図9】SiC-MOSFET（実施例）の電圧と電流との関係を示したグラフである。

【図10】Si-MOSFET（比較例）とSiC-MOSFET（実施例）の耐圧とチャンネル抵抗との関係を示したグラフである。

【図11】Si-MOSFET式の三相全波整流装置とSiC-MOSFET式の三相全波整流装置を用いた場合の車両用交流発電機の実出力電流および効率と回転数との関係を示したグラフである。

【図12】Si-MOSFET式の三相全波整流装置（比較例）とSiC-MOSFET式の三相全波整流装置（実施例）を用いた場合の車両用交流発電機のノイズ電圧と回転数との関係を示したグラフである。

05 【図13】従来の車両用交流発電機の整流装置の主要部を示した断面図である（従来例）。

【符号の説明】

D ドレイン電極

G ゲート電極

10 S ソース電極

1 自動車用オルタネータ（交流発電機の整流電圧調整装置）

2 バッテリ

3 車両用交流発電機

15 4 ロータ（界磁）

5 ステータ（電機子）

6ハウジング（車両用交流発電機の外殻）

7 三相全波整流装置

42 正極側放熱フィン

20 43 負極側放熱フィン

44 端子台

51 正極側SiC-MOSFET

52 正極側SiC-MOSFET

53 正極側SiC-MOSFET

25 54 負極側SiC-MOSFET

55 負極側SiC-MOSFET

56 負極側SiC-MOSFET

71 正極側MOSFET本体

72 封止部材（保持部材、封止部材）

30 73 負極側MOSFET本体

74 封止部材（保持部材、封止部材）

61 交流入力端子（外部入出力端子）

62 交流入力端子（外部入出力端子）

63 交流入力端子（外部入出力端子）

35 101 N<sup>+</sup>型基板（N<sup>+</sup>型半導体）

102 N型耐圧層（N型半導体）

103 P型ウェル領域（P型半導体）

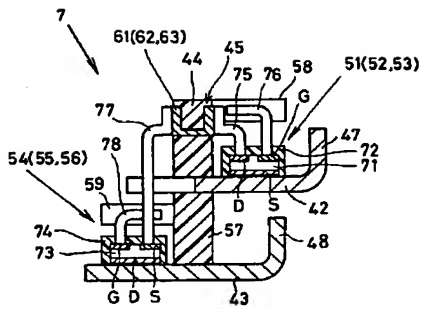
104 N<sup>+</sup>型ドレイン領域（N<sup>+</sup>型半導体）

106 ゲート絶縁膜（シリコン酸化膜）

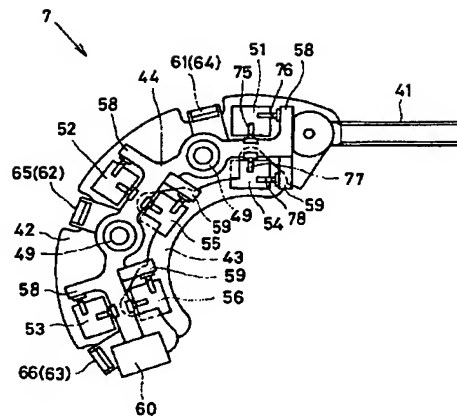
40



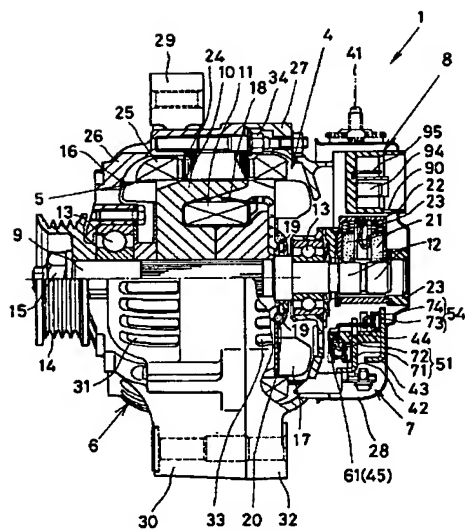
【図 1】



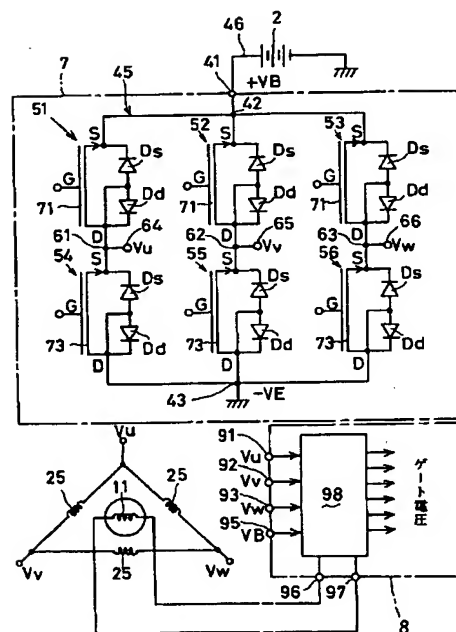
【図 2】



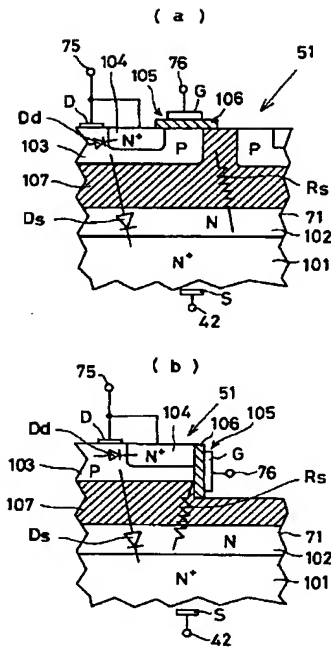
【図 3】



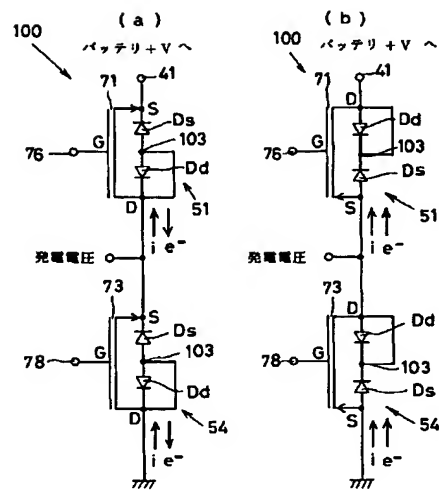
【図 4】



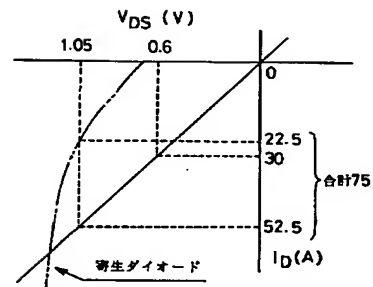
【図 5】



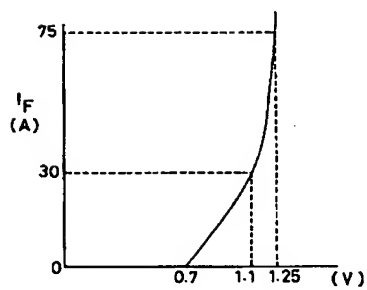
【図 6】



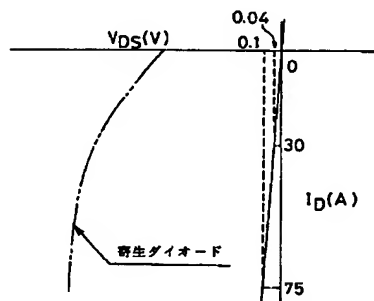
【図 8】



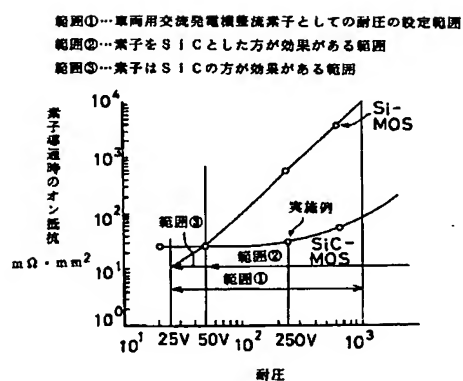
【図 7】



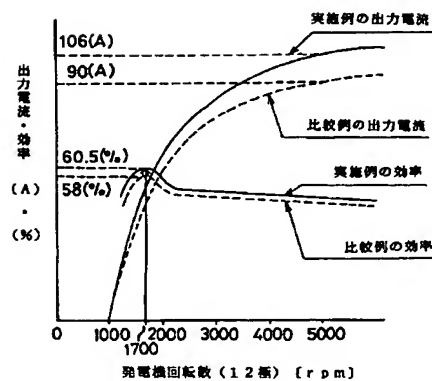
【図 9】



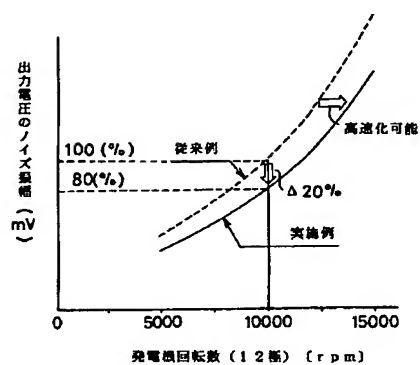
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図 13】

